

Docket No.: 50212-568

**PATENT**

*JFW*

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
Manabu SHIOZAKI, et al.	:	Confirmation Number: 3192
Application No.: 10/761,433	:	Group Art Unit: 2872
Filed: January 22, 2004	:	Examiner: Not yet assigned
For: DIFFRACTION GRATING ELEMENT	:	

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Mail Stop OIPE  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:

**Japanese Application No. 2003-016747, filed January 24, 2003;**  
**Japanese Application No. 2003-105678, filed April 9, 2003; and**  
**Japanese Application No. 2003-040196, filed February 18, 2003.**

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

McDERMOTT WILL & EMERY LLP

*Arthur J. Steiner*  
Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
Phone: 202.756.8000 AJS:ete  
Facsimile: 202.756.8087  
**Date: December 29, 2004**

***Please recognize our Customer No. 20277  
as our correspondence address.***

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

10/761,433  
SHIOZAKI et al.  
1/22/2004

*McDermott Will & Emery LLP*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-016747

ST.10/C ]:

[JP2003-016747]

出 願 人

Applicant(s):

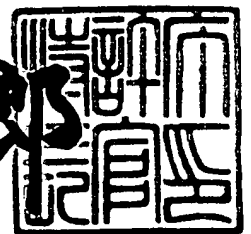
住友電気工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3027152

【書類名】 特許願

【整理番号】 102Y0753

【提出日】 平成15年 1月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
社横浜製作所内

【氏名】 塩▼崎▲ 学

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
社横浜製作所内

【氏名】 茂原 政一

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折格子素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面に回折格子が形成され、

温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において前記回折格子の周期の線膨張係数と前記媒質の屈折率の温度係数との和が 0 である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 2】 前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.63 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.23 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、ことを特徴とする請求項 1 記載の回折格子素子。

【請求項 3】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面に回折格子が形成され、

前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.65 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.11 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 4】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面に回折格子が形成され、

前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.80 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 0.95 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 5】 前記透明平板が不純物を添加された石英ガラスからなる、ことを特徴とする請求項 1, 3 および 4 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 6】 前記透明平板が異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスが積層されてなる、ことを特徴とする請求項 1, 3 および 4 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 7】 前記透明平板が厚み方向に異なる濃度で不純物を添加された石英ガラスからなる、ことを特徴とする請求項 1, 3 および 4 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 8】 前記不純物が Ge, P および B の何れかの元素であることを特徴とする請求項 5 または 7 に記載の回折格子素子。

【請求項 9】 前記透明平板の前記第 1 面が石英ガラスからなることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の回折格子素子。

【請求項 10】 前記透明平板の厚み方向における線膨張係数分布が対称であることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の回折格子素子。

【請求項 11】 回折効率が実質的に偏波無依存であることを特徴とする請求項 1, 3 および 4 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透明平板の一方の面に回折格子が形成された回折格子素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

回折格子素子は、互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において第 1 面に回折格子が形成されたものである（例えば非特許文献 1 を参照）。この回折格子素子では、例えば、第 1 面に接する媒質から該第 1 面に光が一定入射角で入射すると、その光は、第 1 面に形成された回折格子により回折され、透明平板の内部を通過して、第 2 面に接する媒質へ出射される。透明平板の第 2 面から出射されるとききの光の回折角は、波長によって異なる。

【0003】

このように、この回折格子素子は、入射した光を分波して出射する光分波器として用いられ得る。また、この回折格子素子は、上記の場合とは逆の方向に光を導く場合には、入射した光を合波して出射する光合波器として用いられ得る。さらに、回折格子素子と他の光学素子とを組み合わせることで、例えば、波長に応じて光の群遅延時間を調整する分散調整器を構成することもできる。したがって、回折格子素子は、多波長の信号光を多重化して伝送する波長分割多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）光通信システムにおいて重要な光デバイ

スの1つとなっている。

【0004】

【非特許文献1】

小館香椎子、「回折光学の発展と新展開」、日本女子大学紀要、理学部、第10号、pp.7-24, (2002)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、回折格子素子に入射する光の波長および入射角が一定であっても、温度に依存して回折角が変化する。WDM光通信システムで用いられる場合に、回折格子素子における回折角が変化すると、これに因り、信号光の損失が大きくなり、或いは、信号光の波形が劣化して、通信エラーが生じる場合がある。このような通信エラーを抑制するために、従来では、回折格子素子の温度を一定に制御するアクティブな温度制御機構を設ける必要があった。しかし、温度制御機構を設けることはシステムコストの増加を引き起こし、また、温度制御機構に対する電力供給が必要であることからシステムコストの増加を引き起こしていた。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、温度制御機構を不要化または簡略化することができる回折格子素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面に回折格子が形成され、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C}$ ～ $+80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が0であることを特徴とする。この回折格子素子は、光通信システムにおいて一般的な環境温度範囲 $-20^{\circ}\text{C}$ ～ $+80^{\circ}\text{C}$ で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。本発明に係る回折格子素子は、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.63 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.23 \times 10^{-6}/\text{K}$ で

あるのが好適であり、この場合には、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において、回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が0となる。

## 【0008】

本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面に回折格子が形成され、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.65\times 10^{-6}/\text{K}\sim 1.11\times 10^{-6}/\text{K}$ であるのが好適であり、この場合には、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ での最大波長シフト量が $0.04\text{ nm}$ 以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が $100\text{ GHz}$ であるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

## 【0009】

また、本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面に回折格子が形成され、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.80\times 10^{-6}/\text{K}\sim 0.95\times 10^{-6}/\text{K}$ であるのが好適であり、この場合には、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ での最大波長シフト量が $0.02\text{ nm}$ 以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が $50\text{ GHz}$ であるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

## 【0010】

本発明に係る回折格子素子は、透明平板が不純物を添加された石英ガラスからなるのも好適であり、透明平板が異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスが積層されてなるのも好適であり、或いは、透明平板が厚み方向に異なる濃度で不純物を添加された石英ガラスからなるのも好適である。透明平板に不純物が添加される場合、その不純物がGe, PおよびBの何れかの元素であるのが好適であり、例えばVAD法やCVD法により適切な濃度の不純物が添加されることにより、透明平板に形成される回折格子の周期の線膨張係数を所望値とすることができ、透明平板の第1面が石英ガラスからなるのが好適であり、この場合には、回折格子を形成する際に加工性が優れる。透明平板の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、この場合には、温度変化があっても、透明平板10の反りの発生が抑制される。

## 【0011】

本発明に係る回折格子素子は、回折効率が実質的に偏波無依存であるのが好適であり、この場合には、入射する光の偏波状態が一定で無い場合であっても、従来では必要であった他の光学素子（偏波分離素子や偏波合成素子など）を用いることなく、入射光を一定の回折効率で回折することができる。

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、各図において説明の便宜の為に  $x y z$  直交座標系が示されている場合がある。

## 【0013】

図1は、本実施形態に係る回折格子素子1の断面図である。この図に示される回折格子素子1は、各々が媒質21, 22に接していて互いに平行な第1面10Aおよび第2面10Bを有する透明平板10において第1面10Aに回折格子が形成されたものである。この第1面10Aに形成された回折格子は、格子方向が  $y$  軸方向に平行であり、 $x$  軸方向に周期  $\Lambda$  で凹凸が周期的に形成されたものである。また、第2面10Bには反射防止膜が設けられているのが好適であり、この場合には、回折効率が優れる。なお、媒質21, 22は、例えば空気であるが、これに限られない。また、透明平板10は、例えば石英ガラスからなるが、これに限られない。

## 【0014】

このような回折格子素子1において、媒質21から透明平板10の第1面10Aに光が入射する。入射面は  $x z$  平面に平行である。その光は、第1面10Aに形成された回折格子により回折され、透明平板10の内部を通過して、第2面10Bに接する媒質22へ出射される。

## 【0015】

透明平板10の第2面10Bから出射される  $m$  次の回折光の回折角  $\theta_m$  は、

## 【0016】

【数 1】

$$\theta_m = \sin^{-1} \left( \sin \theta + \frac{m\lambda}{n\Lambda} \right) \quad \dots (1)$$

なる式で表される。ここで、 $\theta$  は入射角であり、 $\lambda$  は真空中の光の波長であり、 $n$  は媒質 21, 22 の屈折率である。この式から判るように、回折角  $\theta_m$  が波長  $\lambda$  に依存していることから、回折格子素子 1 は、例えば、光分波器または光合波器として用いられ、或いは、分散調整器の一構成要素としても用いられ得る。

【0017】

ところで、温度  $T$  が変化すると、次に説明するような問題が生じる。図 2 は、回折格子素子の問題点を説明する図である。一般に、媒質 21, 22 の屈折率  $n$  は温度  $T$  の関数であり、また、回折格子の周期  $\Lambda$  も温度  $T$  の関数であるから、回折角  $\theta_m$  は温度  $T$  により異なる。もし、図 2 に示されるように、入射光が波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_3$  を含むものとして、0 次以外の回折光のうちの波長  $\lambda_2$  の成分を光学素子 30（例えば、フォトダイオード、ミラー、等）で受光するように光学系が調整されていたとすると、温度  $T$  が変化して回折角  $\theta_m$  が変化したときに、光学素子 30 に入射する光の波長がシフトする。それ故、従来では、回折格子素子の温度を一定に制御するアクティブな温度制御機構を設ける必要があった。

【0018】

本実施形態に係る回折格子素子 1 は、このような問題点を解決することができるものである。すなわち、上記(1)式の右辺にある温度依存成分である積( $n\Lambda$ )を温度  $T$  で微分すると、

【0019】

【数 2】

$$\frac{d(n\Lambda)}{dT} = n\Lambda \left( \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} + \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \right) \quad \dots (2)$$

なる式が得られる。この(2)式の右辺が 0 であれば、積( $n\Lambda$ ) は温度  $T$  に依らず一定となり、したがって、回折角  $\theta_m$  は温度  $T$  に依らず一定となる。

【 0 0 2 0 】

ここで、上記(2)式右辺の括弧内の第2項は、

【 0 0 2 1 】

【数3】

$$\alpha = \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \quad \dots (3)$$

なる式で定義される回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ である。また、上記(2)式右辺の括弧内の第1項は、

【 0 0 2 2 】

【数4】

$$\beta = \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} \quad \dots (4)$$

なる式で定義される媒質21, 22の屈折率 $n$ の温度係数 $\beta$ である。したがって、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ と、媒質21, 22の屈折率 $n$ の温度係数 $\beta$ との和が0となれば、すなわち、

【 0 0 2 3 】

【数5】

$$\alpha + \beta = 0 \quad \dots (5)$$

なる関係式が成り立てば、回折角 $\theta_m$ は温度 $T$ に依らず一定となる。

【 0 0 2 4 】

そして、本実施形態に係る回折格子素子1では、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ と媒質21, 22の屈折率 $n$ の温度係数 $\beta$ との和が0となっている。これにより、この回折格子素子1は、光通信システムにおいて一般的な環境温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制

御機構を簡略化することができる。

【0025】

以下では、媒質21, 22が空気である場合について説明する。図3は、空気の屈折率 $n$ の温度係数 $\beta$ と温度 $T$ との関係を示すグラフである。この図に示されるように、空気の屈折率 $n$ は、温度 $T$ への依存性が小さく殆ど値1に等しいが、空気の屈折率 $n$ の温度係数 $\beta$ は、温度 $T$ に依存して大きく変化する。また、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ （単位：1/K）が

【0026】

【数6】

$$0.63 \times 10^{-6} < \alpha < 1.23 \times 10^{-6} \quad \dots (6)$$

なる数値範囲内にあれば、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において上記(5)式の関係が成り立つ。また、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ が $0.89 \times 10^{-6} / \text{K}$ であれば、通常の使用温度である $25^{\circ}\text{C}$ 付近で上記(5)式の関係が成り立つ。

【0027】

また、図2を用いて説明したように、一般に、温度 $T$ が変化すると光学素子30に入射する回折光の波長がシフトする。図4は、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ での最大波長シフト量と回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ との関係を示すグラフである。この図には、波長 $\lambda$ が $1.3 \mu\text{m}$ ,  $1.5 \mu\text{m}$ および $1.7 \mu\text{m}$ それぞれの場合について示されている。なお、一般に、WDM光通信システムでは、信号光波長帯として波長 $1.7 \mu\text{m}$ 以下の波長帯が用いられる。

【0028】

WDM光通信システムにおける多波長信号光の光周波数間隔が $100 \text{ GHz}$ である場合、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ での最大波長シフト量が $0.04 \text{ nm}$ 以下であることが必要であり、したがって、図4より、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ （単位：1/K）は

【0029】

## 【数 7】

$$0.65 \times 10^{-6} < \alpha < 1.11 \times 10^{-6} \quad \dots (7)$$

なる数値範囲内にあればよい。また、多波長信号光の光周波数間隔が 50 GHz である場合、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  での最大波長シフト量が 0.02 nm 以下であることが必要であり、したがって、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  (単位:  $1/\text{K}$ ) は

【0030】

## 【数 8】

$$0.80 \times 10^{-6} < \alpha < 0.95 \times 10^{-6} \quad \dots (8)$$

なる数値範囲内にあればよい。

【0031】

以上のように、本実施形態に係る回折格子素子 1 は、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  が好適範囲にあることにより、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  における WDM 光通信での要求精度を満たすことができ、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。ただし、多波長信号光の波長域や光周波数間隔によって要求精度は異なる。

【0032】

次に、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  を所望のものに実現する方法について説明する。その第 1 の方法として、石英ガラスに不純物 (Ge, P および B など) を添加したものを透明平板 10 とすればよい。石英ガラスの線膨張係数は  $0.5 \times 10^{-6}/\text{K}$  であって上記数値範囲外であるが、石英ガラスに添加される不純物の添加濃度を適切に設定することで、その石英ガラスの線膨張係数を所望のものに実現することができる。

【0033】

例えば、石英ガラスに添加される不純物が Ge である場合、その石英ガラスの

線膨張係数  $\alpha$  (単位:  $1/K$ ) は、Ge 添加濃度  $M_{Ge}$  (単位: mol%) に対して

【0034】

【数9】

$$\alpha = 0.5 \times 10^{-6} + 0.076 \times 10^{-6} M_{Ge} \quad \dots (9)$$

なる関係式で表される。したがって、上記(6)式で表される線膨張係数  $\alpha$  の数値範囲とするには、Ge 添加濃度  $M_{Ge}$  は 1.7 mol% ~ 9.6 mol% であればよい。また、上記(8)式で表される線膨張係数  $\alpha$  の数値範囲とするには、Ge 添加濃度  $M_{Ge}$  は 3.9 mol% ~ 5.9 mol% であればよい。

【0035】

Ge 以外の他の不純物 (P, B, その他) が添加される場合にも、添加濃度を適切に設定することで、その石英ガラスの線膨張係数を所望のものに実現することができる。また、透明平板 10 の製造性を考慮すると、石英ガラスに複数種類の不純物が添加されるのも好適である。なお、製造は例えば VAD 法や CVD 法により可能である。

【0036】

回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  を所望のものに実現する第 2 の方法として、異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスを積層したものを透明平板 10 としてもよい。図 5 は、本実施形態に係る回折格子素子 1 の他の構成例の説明図である。この図に示される回折格子素子 1 では、透明平板 10 は、3 枚の光学ガラス 11 ~ 13 が順に積層されたものとなっている。光学ガラス 11 が媒質 21 と接し、光学ガラス 13 が媒質 22 と接していて、光学ガラス 11 と光学ガラス 13 との間に光学ガラス 12 が挟まれている。

【0037】

また、透明平板 10 の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、この場合には、温度変化があっても、透明平板 10 の反りの発生が抑制される。光学ガラス 11 および 13 それぞれは、厚みが  $t_1/2$  であり、ヤング率が  $E_1$  であり、ポアソン比が  $\nu_1$  であり、線膨張係数が  $\alpha_1$  であるとする。光学

ガラス12は、厚みが $t_2$ であり、ヤング率が $E_2$ であり、ポアソン比が $\nu_2$ であり、線膨張係数が $\alpha_2$ であるとする。このとき、透明平板10の線膨張係数（すなわち、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ ）は、

【0038】

【数10】

$$\alpha = \frac{\frac{E_1 t_1}{1-\nu_1} \alpha_1 + \frac{E_2 t_2}{1-\nu_2} \alpha_2}{\frac{E_1 t_1}{1-\nu_1} + \frac{E_2 t_2}{1-\nu_2}} \quad \dots (10)$$

なる式で表される。なお、光学ガラス11～13それぞれの厚みは回折格子の凹凸の深さより充分に大きいので、回折格子の凹凸の影響を無視することができる。

【0039】

また、光学ガラス11および光学ガラス13それぞれは、回折格子を形成する為に加工性が優れるのが好適であり、光学ガラス12は、上記(10)式に従って回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ が所望値のものとなるように、物性および厚みが適切に設定されるのが好適である。例えば、光学ガラス11および光学ガラス13それぞれは石英ガラスからなるのが好適である。また、光学ガラス12は、不純物としてGeが添加された石英ガラスからなるのが好適である。

【0040】

図6は、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ と厚み比（ $t_2/t_1$ ）との関係を示すグラフである。ここでは、光学ガラス12に添加される不純物がGeであって、その添加濃度が10mol%および15mol%それぞれとした。この図から判るように、光学ガラス12の不純物添加濃度および厚みを適切に設定することにより、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望値とすることができる。

【0041】

ここで、光学ガラス11、13と光学ガラス12との屈折率差が大きいと、これらの光学ガラスの界面での光の反射が大きくなり、回折効率が悪くなる。したがって、界面での反射を抑制する為に、上記屈折率差は小さい方が好ましい。光学ガラス11、13が石英ガラスであって、光学ガラス12がGe添加濃度15

mol%の石英ガラスである場合、屈折率差が0.022であって非常に小さいので、界面での反射が抑制される。

#### 【0042】

光学ガラス11～13の貼り合わせには接着剤が用いられる。この接着剤の屈折率も、光学ガラス11～13それぞれの屈折率に近いのが好ましい。また、光学ガラス11～13の貼り合わせに陽極接合も用いられるが、この場合には、接着剤が不要であるので、接着剤の線膨張の影響が無く、この点でも好ましい。

#### 【0043】

回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望のものに実現する第3の方法として、厚み方向に異なる濃度で不純物(Ge, PおよびBなど)を添加された石英ガラスからなるものを透明平板10としてもよい。図7は、本実施形態に係る回折格子素子1の更に他の構成例の説明図である。この図は、透明平板10の厚み方向におけるGe添加濃度分布を示している。この図に示される回折格子素子1では、透明平板10は、第1面10Aおよび第2面10Bそれぞれを含む近傍領域では石英ガラスであり、中間領域では不純物としてGeが添加されている。このような透明平板10は、VAD法やCVD法により製造される。

#### 【0044】

この場合にも、透明平板10の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、温度変化があっても、透明平板10の反りの発生が抑制される。透明平板10の線膨張係数(すなわち、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ )は

#### 【0045】

【数11】

$$\alpha = \frac{\int \frac{E(z)}{1-\nu(z)} \alpha(z) dz}{\int \frac{E(z)}{1-\nu(z)} dz} \quad \dots (11)$$

なる式で表される。

#### 【0046】

第1面10Aおよび第2面10Bそれぞれを含む近傍領域では石英ガラスであ

るから、回折格子を形成する為に加工性が優れるのが好適である。上記(11)式に従って、不純物添加濃度および厚みを適切に設定することにより、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望値とすることができる。また、厚み方向に不純物添加濃度が滑らかに変化するようにより、厚み方向に屈折率が滑らかに変化するようにでき、屈折率変化部分での光の反射を抑制することができる。

## 【0047】

以上では、回折格子素子単体の温度依存性の抑制について説明してきた。ところで、一般に、回折格子素子は他の光学素子とともに用いられる場合がある。例えば、入射する光の偏波状態が一定で無い場合には、回折格子素子は、偏波分離素子、偏波回転素子および偏波合成素子とともに用いられる。この場合、入射した光は、偏波分離素子により偏波分離されて、互いに偏波面が直交する2つの直線偏光とされる。偏波分離された2つの直線偏光の光は、そのうち一方の偏波面が $90^\circ$ だけ偏波回転素子により回転されて、同一方位の直線偏光とされて、回折格子素子に入射して回折される。回折格子素子により回折された2つの直線偏光の光は、そのうち一方の偏波面が $90^\circ$ だけ他の偏波回転素子により回転されて、互いに偏波面が直交する直線偏光とされ、そして、偏波合成素子により偏波合成されて出射される。

## 【0048】

このような場合、回折格子素子の単体で温度依存性が抑制されるだけでなく、他の光学素子（偏波分離素子、偏波合成素子、偏波回転素子）についても、一般に温度依存性を有していることから温度制御機構が必要である。しかし、他の光学素子については温度制御の負荷が大きいとなると、回折格子素子について温度制御機構の不要化または簡略化がなされた意義が半減する。

## 【0049】

そこで、本実施形態に係る回折格子素子1は、温度依存性が抑制されたものであるだけでなく、回折効率の偏波依存性も抑制されたものであるのが好適である。このようにすることにより、入射する光の偏波状態が一定で無い場合であっても、上述した他の光学素子（偏波分離素子、偏波合成素子、偏波回転素子）を用いることなく、回折格子素子1のみで、入射光を一定の回折効率で回折すること

ができる。

#### 【0050】

例えば、図8に示されるように、回折格子の断面が矩形状の凹凸であって、周期 $\Lambda$ が $1.55\mu\text{m}$ であり、凸条部の高さ $H$ が $3.72\mu\text{m}$ であり、凸条部の幅 $W$ と周期 $\Lambda$ との比( $W/\Lambda$ )が $0.66$ であるとする。透明平板10が石英ガラスからなり、媒質21, 22が空気であるとする。また、透明平板10の第2面10Bには無反射コーティングが形成されているとする。このとき、媒質21から第1面10Aへ入射する光の波長が $1.55\mu\text{m}$ であって、入射角 $\theta$ が $30^\circ$ であるとする、TE偏波光およびTM偏波光それぞれの回折効率は98%程度となり、回折効率は実質的に偏波依存となる。

#### 【0051】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面に回折格子が形成され、温度範囲 $-20^\circ\text{C}\sim+80^\circ\text{C}$ に含まれる何れかの温度において回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が0である。この回折格子素子は、光通信システムにおいて一般的な環境温度範囲 $-20^\circ\text{C}\sim+80^\circ\text{C}$ で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本実施形態に係る回折格子素子1の断面図である。

#### 【図2】

回折格子素子の問題点を説明する図である。

#### 【図3】

空気の屈折率 $n$ の温度係数と温度 $T$ との関係を示すグラフである。

#### 【図4】

温度範囲 $-20^\circ\text{C}\sim+80^\circ\text{C}$ での最大波長シフト量と回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ との関係を示すグラフである。

【図 5】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の他の構成例の説明図である。

【図 6】

回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  と厚み比 ( $t_2/t_1$ ) との関係を示すグラフである。

【図 7】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の更に他の構成例の説明図である。

【図 8】

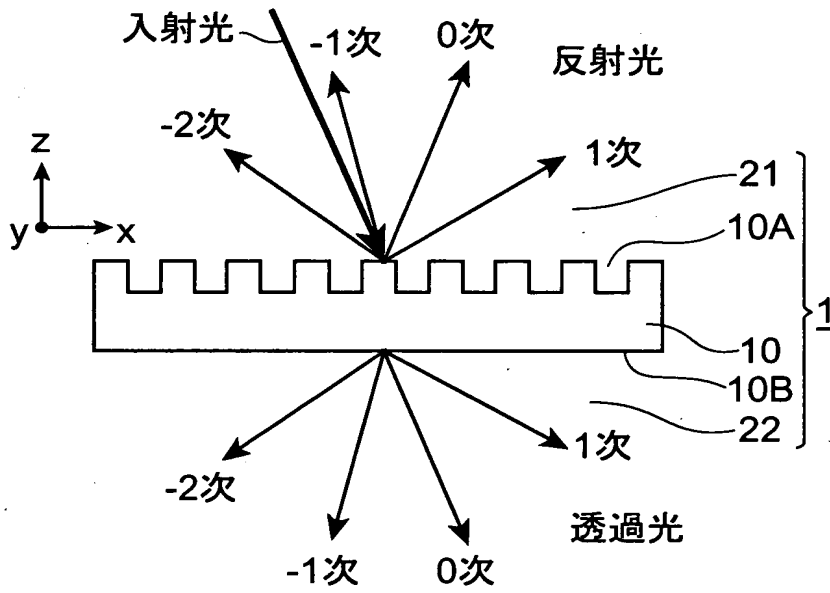
本実施形態に係る回折格子素子 1 の偏波無依存性の実現方法を説明する図である。

【符号の説明】

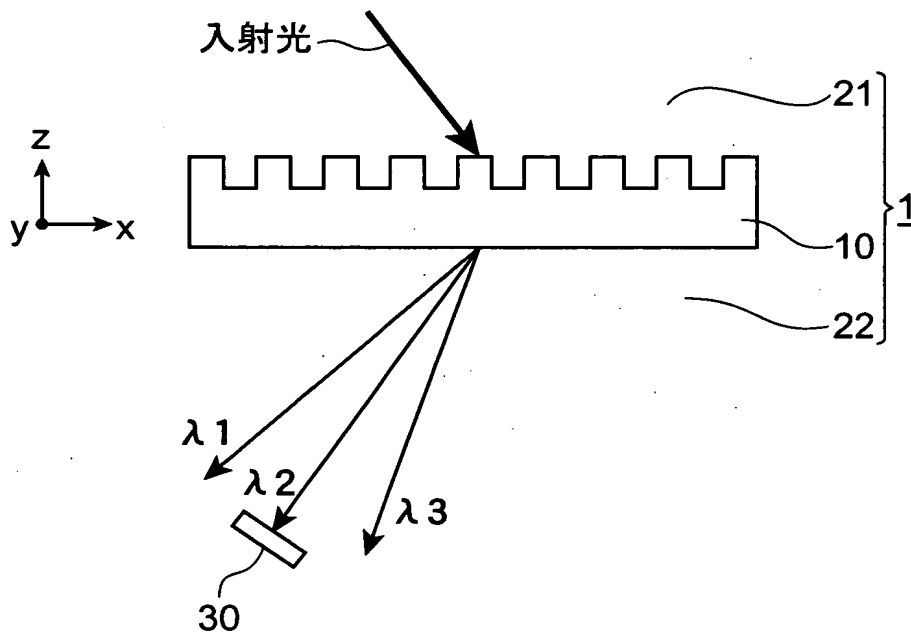
1 … 回折格子素子、1 0 … 透明平板、1 0 A … 第 1 面、1 0 B … 第 2 面、1 1  
～ 1 3 … 光学ガラス、2 1, 2 2 … 媒質。

【書類名】 図面

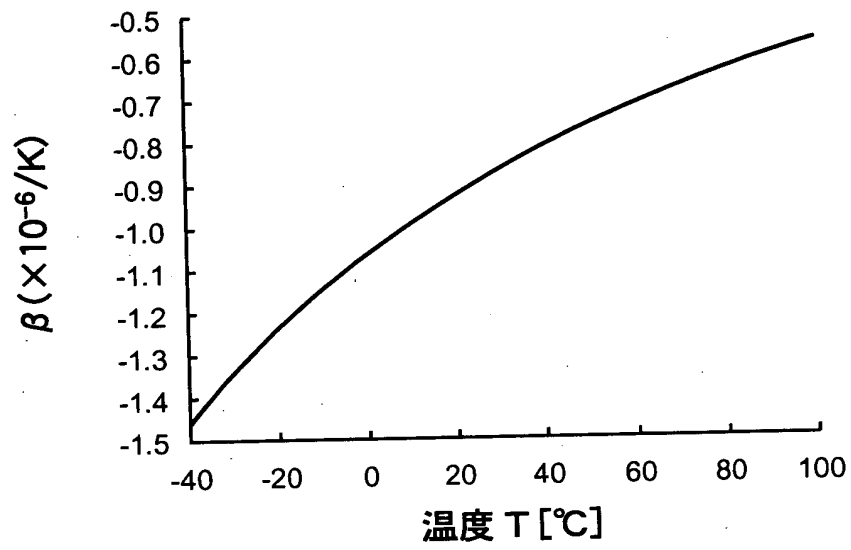
【図 1】



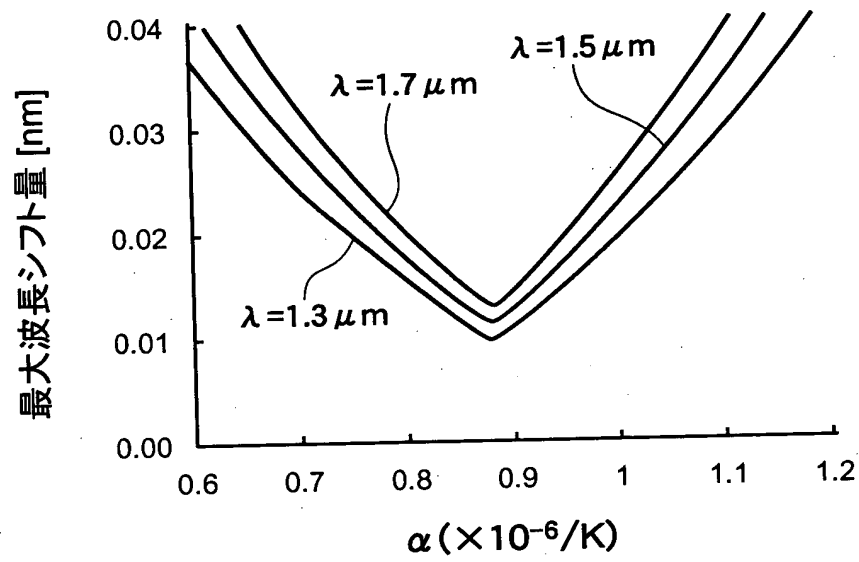
【図 2】



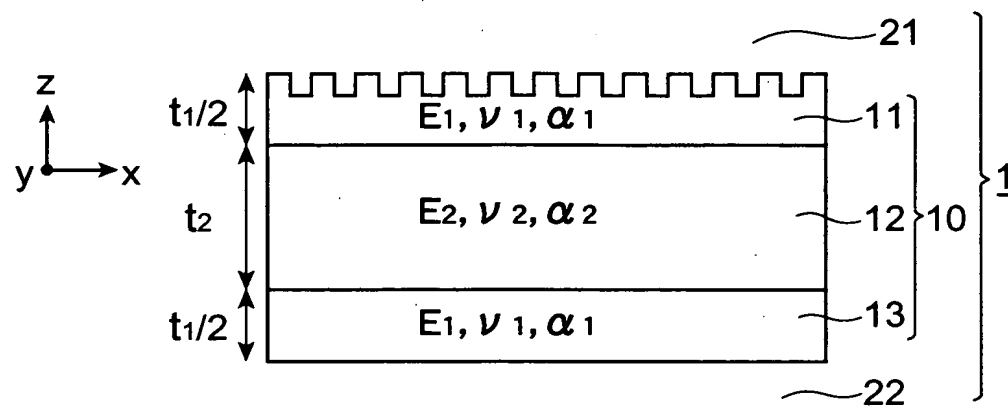
【図3】



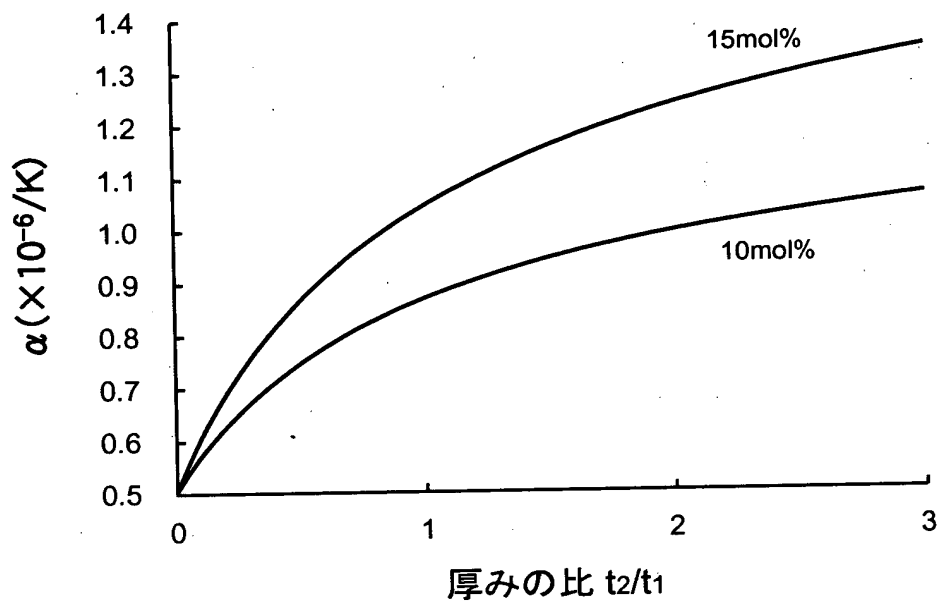
【図4】



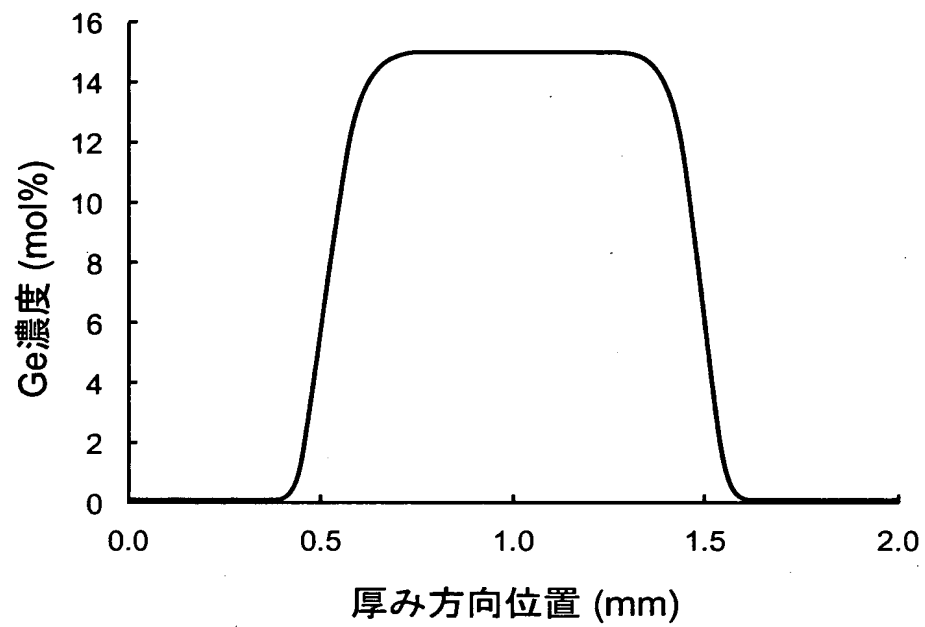
【図 5】



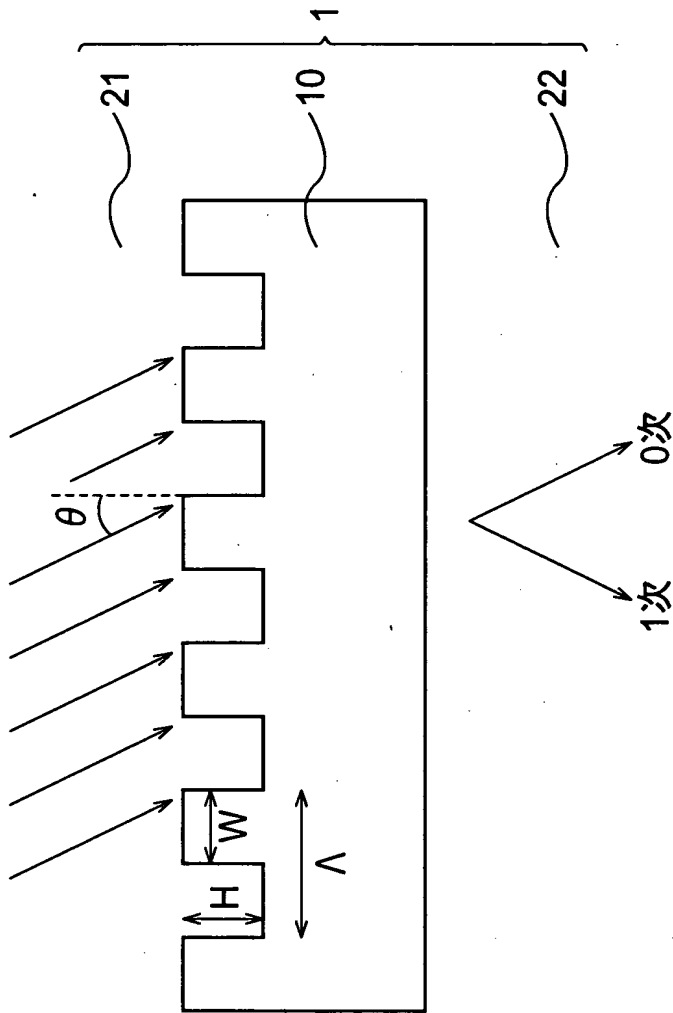
【図 6】



【図 7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度制御機構を不要化または簡略化することができる回折格子素子を提供する。

【解決手段】 回折格子素子 1 は、各々が媒質 2 1, 2 2 に接していて互いに平行な第 1 面 1 0 A および第 2 面 1 0 B を有する透明平板 1 0 において第 1 面 1 0 A に回折格子が形成されたものである。この第 1 面 1 0 A に形成された回折格子は、格子方向が y 軸方向に平行であり、x 軸方向に周期  $\Lambda$  で凹凸が周期的に形成されたものである。媒質 2 1, 2 2 は例えば空気であり、透明平板 1 0 は例えば石英ガラスからなる。温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数と媒質 2 1, 2 2 の屈折率の温度係数との和が 0 である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名	住友電気工業株式会社